

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 186 682 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.03.2002 Patentblatt 2002/11

(51) Int Cl.7: **C23C 14/35, H01J 37/34,
C23C 14/34**

(21) Anmeldenummer: **01121080.4**

(22) Anmeldetag: **03.09.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

• **Heindel, Josef**
63512 Hainburg (DE)
• **Luh, Helmut**
63457 Hanau (DE)
• **Wollenberg, Norbert**
63538 Grosskrotzenburg (DE)

(30) Priorität: **05.09.2000 DE 10043748**

(71) Anmelder: **Unaxis Materials Deutschland GmbH**
63450 Hanau (DE)

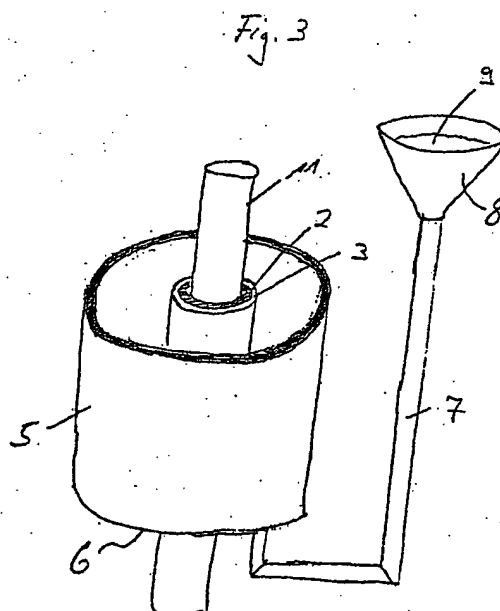
(74) Vertreter:
Herrmann-Trentepohl, Werner, Dipl.-Ing.
Patentanwälte
Herrmann-Trentepohl
Grosse - Bockhornl & Partner
Forstenrieder Allee 59
81476 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Schlott, Martin, Dr.**
63075 Offenbach (DE)

(54) **Zylinderförmiges Sputtertarget und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines zylindrischen Sputtertargets für insbesondere den Einsatz als rotierende Sputterkathode, welche ein zylinderförmiges Trägerrohr (2) und ein die Zylinderhauptfläche des Trägerrohrs bedeckendes Tar-

getmaterial (4) aufweist, wird das Targetmaterial direkt auf das zylinderförmige Trägerrohr (2) aufgegossen, so dass das Targetmaterial fest und sicher mit dem Trägerrohr (2) verbunden ist und eine kompakte Gussstruktur aufweist.



EP 1 186 682 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein zylinderförmiges Sputtertarget für insbesondere den Einsatz als rotierende Sputterkathode, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0002] Zylinderförmige Sputtertargets, sogenannte Zylinder-Magnetrons, werden insbesondere im Bereich der Großflächenbeschichtung eingesetzt, wobei das Targetmaterial zerstäubt wird und auf dem zu beschichtenden Bauteil abgeschieden wird.

[0003] Zur Herstellung von zylinderförmigen Sputtertargets besteht einerseits die Möglichkeit das Targetmaterial direkt als Zylinder auszuformen oder andererseits auf einem zylinderförmigen Trägerrohr anzuordnen. Diese unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten werden stark durch die Eigenschaften des Targetmaterials, wie z.B. Verarbeitbarkeit, beeinflusst. So werden Werkstoffe, wenn sie entweder zu spröde, wie z. B. Silizium, oder zu duktil sind, wie z.B. Zinn, üblicherweise auf einem Trägerrohr angeordnet.

[0004] Das Aufbringen des Targetmaterials auf das Trägerrohr erfolgt nach dem Stand der Technik durch thermisches Spritzen oder durch Auflöten des zylinderförmigen Targetmaterials auf ein Trägerrohr.

[0005] Beim thermischen Spritzen wird das Targetmaterial als Draht oder in Pulverform einer Flamme oder Plasma zugeführt, durch die das Targetmaterial aufschmilzt. Zugleich wird das aufgeschmolzene Targetmaterial auf das Trägerrohr aufgespritzt. Dies führt dazu, dass das Targetmaterial nach dem Aufspritzen eine große Porosität und einen großen Sauerstoffgehalt aufweist, was für die nachträgliche Benutzung des Sputtertargets für Beschichtungszwecke nachteilig ist. Außerdem wird beim thermischen Spritzen ein erheblicher Teil des Materials am Trägerrohr vorbeigespritzt, was zu einem entsprechenden Materialverlust führt.

[0006] Das andere bekannte Herstellungsverfahren besteht darin, die Sputtertargets in Zylinderform in einer entsprechenden Kokille zu gießen und diese Zylinder anschließend über einen Lötprozess auf einem Trägerrohr zu befestigen. Dies erfordert jedoch eine Nachbearbeitung der gegossenen Zylinder und ist aufgrund des Lötprozesses insgesamt sehr zeit- und kostenintensiv. Darüber hinaus besteht bei den üblicherweise verwendeten Zylinderlängen von ca. 3 - 4 Metern die Gefahr, dass der sehr lange Spalt zwischen Trägerrohr und Targetmaterial, der mit Lot gefüllt werden muss, nicht gleichmäßig mit Lot gefüllt werden kann, so dass eine fehlerhafte Lötverbindung entsteht, die beim Sputtern wegen unzureichender Wärmeabfuhr zum Aufschmelzen des Targets führen kann.

[0007] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein einfaches, zeit- und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von zylinderförmigen Sputtertargets bereitzustellen, das darüber hinaus auch den Anforderungen hinsichtlich der Qualität des Sputtertargets für die damit durchzuführenden Beschichtungen gerecht

wird. Entsprechend sollen auch einfach herstellbare und qualitativ hochwertige zylinderförmige Sputtertargets bereitgestellt werden.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Sputtertarget mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. einem Verfahren zur Herstellung desselben nach Anspruch 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Wesentlich ist bei der vorliegenden Erfindung, dass das Targetmaterial direkt auf das zylinderförmige Trägerrohr und hier insbesondere auf die gegebenenfalls benetzte oder geeignet hierzu behandelte Hauptzylinderfläche des Trägerrohrs aufgegossen wird, wobei eine Gußform verwendet wird, in die das Trägerrohr eingesetzt wird. Auf diese Weise ist es möglich ohne zusätzliche aufwendige Verbindungstechniken eine gute und sichere Verbindung des Targetmaterials mit dem Trägerrohr herzustellen, wobei eine sehr gute und kompakte Targetmaterialqualität insbesondere hinsichtlich Porenfreiheit und Gefügestruktur erzielt wird. Durch das direkte Erstarren des Targetmaterials auf dem Trägerrohr kann ein feinkörniges und fehlerfreies zylinderförmiges Target erhalten werden, welches durch Benetzung bzw. Adhäsion zwischen Targetmaterial und Trägerrohrmaterial und/oder eine mechanische Umklammerung des Trägerrohrs durch das Targetmaterial einen stabilen Verbund aus Trägerrohr und Targetmaterial ergibt.

[0010] Die zuerst genannte Art der Verbindung zwischen Targetmaterial und Trägerrohr kann bei der vorliegenden Erfindung darüber hinaus in vorteilhafter Weise dadurch intensiviert werden, dass vor dem Aufgießen des Targetmaterials auf das Trägerrohr das zylinderförmige Trägerrohr mit einer Oberflächenbeschichtung auf der Zylinderhauptfläche versehen wird, die eine benetzbare Schicht umfasst, welches bezüglich des Targetmaterials einen höheren Schmelzpunkt aufweist, so dass bei dem anschließenden Aufgießen des Targetmaterials ein Aufschmelzen der benetzbaren Schicht vermieden wird. Die benetzbare Schicht, welche vorzugsweise aus Kupfer, Silber, Gold, Nickel und deren Legierungen gebildet, führt dazu, dass die Benetzung des Trägerrohrs durch die Schmelze erleichtert wird, was zu einer besseren Verbindung zwischen Targetmaterial und Trägerrohr führt.

[0011] Eine andere vorteilhafte Möglichkeit, die Verbindung zwischen Targetmaterial und Trägerrohr zu verbessern, besteht darin, das Trägerrohrmaterial, das üblicherweise aus unmagnetischen Werkstoffen, wie rostfreien Stählen, Titan oder Messing usw. besteht, so auf das Targetmaterial abzustimmen, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient des Trägerrohrs kleiner ist als der des Targetmaterials. Dadurch ergibt sich bei der Abkühlung des fertiggegossenen zylinderförmigen Sputtertargets eine stärkere Schrumpfung des Targetmaterials im Vergleich mit dem Trägerrohr, was zu einer elastischen Verspannung und einer starken mechanischen Umklammerung des Trägerrohrs durch das Targetma-

terial führt.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich in besonderer Weise für niedrig schmelzende Metalle oder Legierungen, da bei diesen Werkstoffen nur ein geringer Schmelzaufwand erforderlich ist und auch das Erstarrungsverhalten der Schmelze leicht kontrollierbar ist. Obwohl deshalb Metalle und Legierungen mit einer Schmelztemperatur von unter 420° C, wie z. B. Zinn, bevorzugt sind, ist das erfindungsgemäße Verfahren gleichwohl auch für Targetmaterialien mit höheren Schmelzpunkten einsetzbar.

[0013] Ferner ergibt sich bei einem feinkörnigen Gußgefüge mit insbesondere einer Korngröße ≤ 10 mm ein besonders gutes Sputter-Verhalten, so dass ein derartiges Gefüge bevorzugt ist. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Erstarrung durch eine entsprechende Abkühlung oder das Zusetzen von Dotierungen zur Schmelze gesteuert wird. Die Dotierungen bewirken ebenso wie eine starke Unterkühlung der Schmelze eine verstärkte Keimbildung beim Erstarren der Schmelze und führen so zu einem feinkörnigen Gefüge. Hier hat es sich als vorteilhaft erwiesen Dotierungen einer Konzentration von 200-10.000 ppm der Schmelze zuzusetzen.

[0014] Wird beispielsweise Zinn als Targetmaterial verwendet, so hat sich hier als Dotierung Kupfer bewährt, da Kupfer bis zu einer Konzentration von bis zu 1% keine negativen Auswirkungen auf die Verwendung des Sputtertargets als Beschichtungsquelle hat.

[0015] Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines zylindrischen Sputtertargets mit dem obengenannten Merkmal hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen eine zylindrische Gussform zu verwenden, bei der das Trägerrohr, auf das das Targetmaterial aufgegossen werden soll, als innere Formwand verwendet wird, während die eigentliche zylindrische Gussform die äußere Formwand sowie den Boden der Gussform bereitstellt. Die Schmelze wird hierbei in den Zwischenraum zwischen dem Trägerrohr als der inneren Formwand und der Außenwand der Gussform eingefüllt, so dass nach dem Abkühlen und dem Erstarren des Targetmaterials das Trägerrohr mit dem aufgegossenen Targetmaterial als fertiges zylinderförmiges Sputtertarget aus der Gussform entnommen werden kann.

[0016] Die Befüllung der Gussform kann dabei sowohl in der Form des fallenden Füllens als auch des steigenden Füllens erfolgen. Das steigende Füllen hat dabei den Vorteil, dass die Schmelze weniger mit Sauerstoff belastet wird und sich kaum Oxide bilden. Dazu kann beispielsweise an der Gußform ein Trichter vorgesehen werden, der über einen Speiser mit der Unterseite der Gussform bzw. dem Boden der Gussform verbunden ist, so dass nach dem Einfüllen der Schmelze in den Trichter die Schmelze über den Speiser in die Gussform gelangt und in dieser von unten nach oben aufsteigt.

[0017] Wie bereits oben angeführt, ist für die Erstarrung der Schmelze, d.h. des Targetmaterials, insbeson-

dere die Temperaturführung wichtig. Deshalb ist es vorteilhaft, zum einen die Gussform vor dem Einfüllen der Schmelze vorzuheizen, als auch die Gussform nach dem Einfüllen der Schmelze zu kühlen.

[0018] Um ein geregeltes Erstarren des Targetmaterials vom Trägerrohr ausgehend von innen nach außen zu erzielen, welches den Vorteil hat, dass eine gute Umklammerung auf dem Trägerrohr und ein weitgehend porenfreies Gefüge erzielt wird, ist bei einer vorteilhaften Ausführungsform das überwiegende Abführen der Erstarrungswärme über das Trägerrohr vorgesehen. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass durch das Trägerrohr bzw. in dem Trägerrohr angeordnete Kühlleitungen entsprechende Kühlmedien geführt werden, die entweder gasförmig oder flüssig sein können.

[0019] Weiterhin kann es, um eine günstige Spannungsverteilung über die Länge des zylinderförmigen Targetmaterials zu erzielen, auch vorteilhaft sein, die Erstarrungsfront zusätzlich zur Erstarrung von innen nach außen, oder alternativ dazu, von einem Ende des Trägerrohrs zum anderen verlaufen zu lassen. Auch dies kann durch eine entsprechende Führung von Kühlmedien erreicht werden.

[0020] Weitere Vorteile, Kennzeichnung und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden, detaillierten Beschreibung der Ausführungsbeispiele deutlich, die in den beigefügten Zeichnungen rein schematisch dargestellt sind. Dabei zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines zylinderförmigen Sputtertargets;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer zweiten Ausführungsform eines zylinderförmigen Sputtertargets;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer Gießvorrichtung zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Sputtertargets.

[0021] Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein erfindungsgemäßes, zylinderförmiges Sputtertarget 1, welches aus einem innenliegenden Trägerrohr 2, einer Trägerrohrbeschichtung 3 und dem die Zylinderhauptfläche des Trägerrohrs bedeckende Targetmaterial 4 aufgebaut ist.

[0022] Die zweite Ausführungsform eines zylinderförmigen Sputtertargets 10, das entsprechend der Darstellung in Fig. 1 in gleicher Weise in Fig. 2 dargestellt ist, umfasst ein Trägerrohr 20 und ein dieses umgebendes Targetmaterial 40, wobei hier im Unterschied zur ersten Ausführungsform das Trägerrohr 20 keine Trägerrohrbeschichtung aufweist.

[0023] Fig. 3 zeigt eine Gießvorrichtung, mit der die erfindungsgemäßen Sputtertargets hergestellt werden können. Die Gießvorrichtung umfasst eine zylindrische Gießform 5 mit einem Boden 6, in die koaxial das zu beschichtende Trägerrohr 2 als Innenrohr der Gussform

eingesetzt werden kann. Im gezeigten Beispiel weist das Trägerrohr 2 entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 eine Trägerrohrbeschichtung 3 auf, welche die Benetzung des Trägerrohrs 2 mit der Schmelze 9 günstig beeinflusst.

[0024] Durch den Zwischenraum zwischen Trägerrohr 2 und der Außenwand der Gussform 5 wird der Raum definiert, in den die Schmelze 9 eingegossen werden kann und der nach der Erstarrung der Schmelze 9 vom Targetmaterial 4 eingenommen werden soll. Das Einfüllen der Schmelze 9 des Targetmaterials 4 erfolgt üblicherweise über einen Trichter 8, der auch als Vorratsbehälter für die Schmelze dient, damit ausreichend Schmelze nachfließen kann, wenn bei der Erstarrung der Schmelze 9 durch die Schrumpfung entsprechender Raum frei wird. Der Trichter 8 wird üblicherweise oberhalb der Gussform 5 angeordnet, so dass die Schmelze allein durch die Schwerkraft in die Gießform einfließt. Üblicherweise wird dazu der Trichter über einen Speiser 7 direkt mit der Oberseite der Gussform 5 verbunden, so dass die Schmelze von oben in die Gussform 5 einfließt. Allerdings kann, bei einer bevorzugten Ausführungsform, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist, der Speiser 7 auch so angeordnet sein, dass er den Trichter 8 mit der Unterseite 6 der Gießform 5 verbindet, so dass die Schmelze 9 in der Gießform 5 von unten nach oben ansteigt. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass eine geringere Oxidation der Schmelze mit entsprechender Oxidbildung stattfindet.

[0025] Um die Erstarrung der Schmelze 9 in der Gussform 5 steuern zu können, ist bei der gezeigten Ausführungsform koaxial zum Trägerrohr 2 zum Beispiel eine Kühlmittelleitung 11 vorgesehen, die es ermöglicht, Kühlmittel durch das Trägerrohr 2 und somit entlang der Innenwand der Gussform 5 zu führen. Auf diese Weise kann insbesondere eine Erstarrung der Schmelze 9 von innen nach außen bewirkt werden.

[0026] Zusätzlich kann bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, die hier nicht gezeigt ist, eine das Kühlmittel in sich umwälzende Kühlmittelleitung 11 vorgesehen sein, die an einem Ende geschlossen ist, so dass durch fortschreitendes Absenken der Kühlmittelleitung 11 in das Trägerrohr 2 auch eine Erstarrung von einem Ende des Trägerrohrs 2 zum anderen Ende eingestellt werden kann.

Patentansprüche

1. Zylinderförmiges Sputtertarget für insbesondere den Einsatz als rotierende Sputterkathode mit einem zylinderförmigen Trägerrohr (2,20) und einem die Zylinderhauptfläche des Trägerrohrs (2,20) bedeckendes Targetmaterial (4,40) **dadurch gekennzeichnet, dass das Targetmaterial (4,40) direkt auf das Trägerrohr (2,20) aufgegossen ist und eine kompakte Gussstruktur aufweist.**
2. Zylinderförmiges Sputtertarget nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass das zylinderförmige Trägerrohr (2) eine zumindest auf der Zylinderhauptfläche vorgesehene Oberflächenbeschichtung (3) aufweist, insbesondere eine vom Targetmaterial (4) benetzbare höher schmelzende Schicht aufweist.**
3. Zylindrisches Sputtertarget nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass die benetzbare Schicht mindestens ein Material aus der Gruppe umfasst, die insbesondere Kupfer, Silber, Gold, Nickel und deren Legierungen beinhaltet.**
4. Zylindrisches Sputtertarget nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerrohr (2,20) unmagnetisch ist und aus mindestens einem Material aus der Gruppe gebildet ist, die rostfreie Stähle, Messing und Titan beinhaltet.**
5. Zylindrisches Sputtertarget nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass das Targetmaterial (4,40) ein niedrig schmelzendes Metall oder eine Legierung ist, deren Schmelztemperatur $\leq 420^\circ \text{C}$ ist.**
6. Zylindrisches Sputtertarget nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass das Targetmaterial (4,40) ein feinkörniges Gußgefüge mit einer Korngröße von $\leq 10 \text{ mm}$ aufweist.**
7. Zylindrisches Sputtertarget nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass das Targetmaterial (4,40) Dotierungen, insbesondere in einer Konzentration von 200 - 10 000 ppm, aufweist.**
8. Zylindrisches Sputtertarget nach den Ansprüchen 5 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass das Targetmaterial (4,40) Zinn und die Dotierung Kupfer ist.**
9. Zylindrisches Sputtertarget nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass das Trägerrohr (2,20) aus einem Material gebildet ist, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient kleiner ist als der des Targetmaterials (4,40).**
10. Verfahren zur Herstellung eines zylindrischen Sputtertargets, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches umfaßt:
 - Bereitstellung einer Gußform (5), in die ein mit Targetmaterial zu beschichtendes Trägerrohr (2) eingesetzt wird
 - Aufschmelzen des Targetmaterials
 - Einfüllen des geschmolzenen Targetmaterials

- (9) in die Gußform (5), so dass das Trägerrohr (2) in dem Targetmaterial eingegossen wird
- Abkühlen und Erstarren des Targetmaterials (4) erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zu beschichtende Trägerrohr (2) in einer zylindrischen Gußform (5) als innere Formwand koaxial zu einer äußeren Formwand der Gußform (5) angeordnet wird und die Schmelze (9) zwischen innerer Formwand und äußerer Formwand eingefüllt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägerrohr (2) vor dem Einsetzen in die Gußform (5) mit einer benetzbaren Beschichtung (3) versehen wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Erstarren die Erstarrungswärme überwiegend über das Trägerrohr (2) abgeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus der Gußform (5) und Trägerrohr (2) gebildete Form vor dem Einfüllen der Schmelze (9) vorgeheizt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erstarrung der Schmelze (9) durch Kühlung der äußeren Gußform (5) und/oder des Trägerrohrs (2) über gasförmige oder flüssige Kühlmedien gesteuert wird, so dass die Erstarrung der Schmelze (9) von innen nach außen und/oder entlang des Trägerrohrs (2) von einem Ende zum anderen erfolgt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schmelze (9) Dotierungen zugesetzt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 16 **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Einstellung der Gußformtemperatur und/oder die Bereitstellung der Menge und/oder die Temperatur der Kühlmedien der Erstarrungsvorgang so geführt wird, dass ein feinkörniges Gefüge des Targetmaterials (4) mit Korngrößen ≤ 10 mm gebildet wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Targetmaterial ein niedrig schmelzendes Metall oder eine Legierung verwendet wird, deren Schmelztemperatur ≤ 420 °C ist.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Targetmaterial Zinn verwendet wird und die Dotierung mit Kupfer

Fig. 1

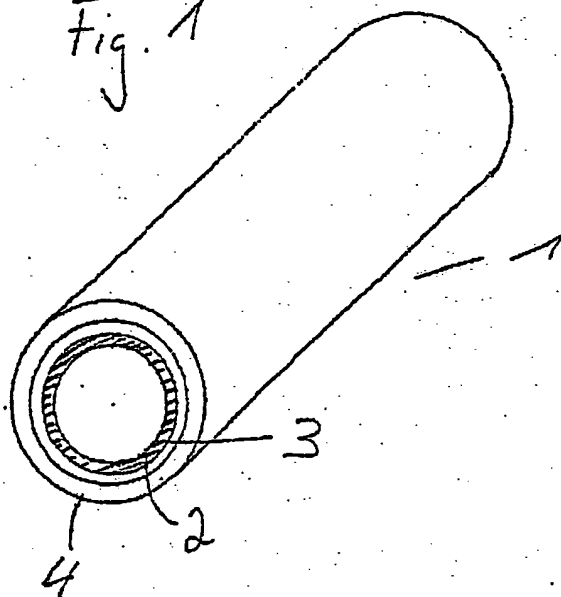


Fig. 2

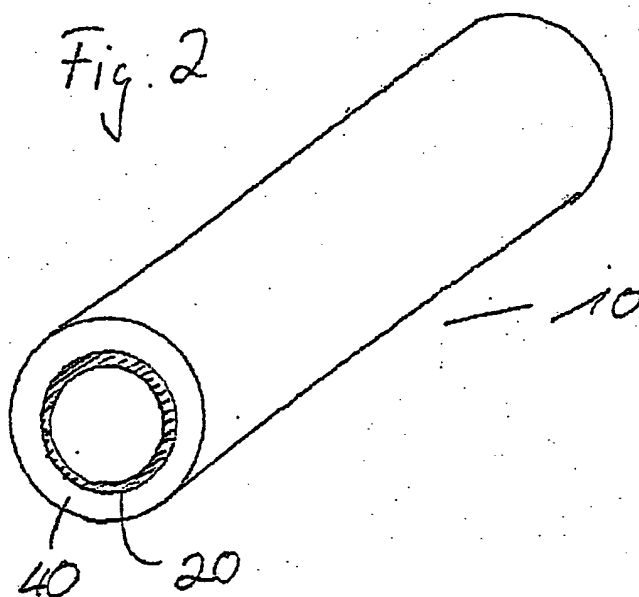
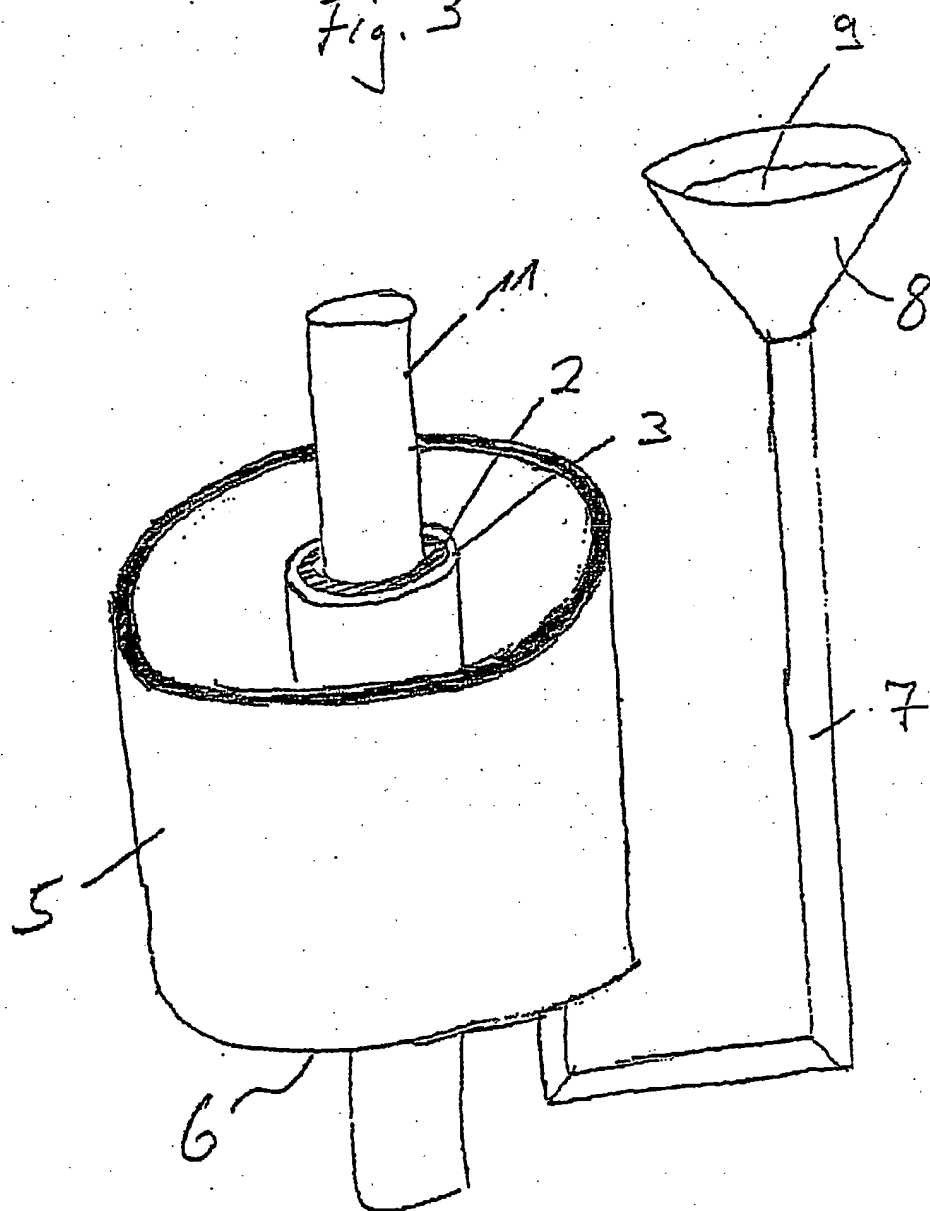


Fig. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)